

була знайдена лише для ринку бананів ([2]). Цей ринок стрімко росте і по обсягах споживання, і по цінах, хоча в результаті зростання цін він мав би скорочуватись. Вочевидь, на ринок бананів впливають більш потужні фактори, ніж розглянуті в даній публікації. Тому є потреба в подальших дослідженнях на основі якісної статистики, яка міститиме оптові і роздрібні ціни по роках і сезонах, та обсяги споживання ринком даного продукту по тих же періодах.

Література

1. А.С. Морозова. Исследование математических моделей стимулирования сбыта продукции / / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – ГОУ ВПО «Кемеровского государственного университета», г.Анжеро-Судженск, 2007.

2. Ціни на банани в Україні продовжують встановлювати нові історичні рекорди. AGRONEWS // [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://agronews.ua/node/88665>

УДК 629.1.02

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ РІДИНИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЦИСТЕРНАХ

А.П. Кожушко, О.Л. Григор'єв
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*

В аграрному секторі передбачається виконання як тягових (технологічних) так і транспортних робіт. Транспортна робота, зазвичай, виконується вантажними автомобілями або колісними тракторами разом з причіпними та напівпричіпними агрегатами.

Сьогодні актуальною проблемою в сільському господарстві є вирішення забезпечення стійкого руху транспортних засобів з перемінною масою (перевезення рідких вантажів). Особливої уваги слід надати транспортуванню тракторних причіпних та напівпричіпних цистерн, тому що на відмінно від автомобільних цистерн, тракторні не оснащені перегородками (оскільки перевезення трактором відбувається відносно на малих швидкостях порівняно з автомобілем), які повинні гасити коливання рідини. Оскільки сучасні виробники тракторної техніки намагаються постійно підвищувати енергонасиченість колісних тракторів та

збільшувати масу вантажу, тоді перерозподіл мас в цистерні може спричинити зсув центру мас, що призводить до погіршення техніко-економічних та експлуатаційних показників машинно-тракторного агрегату.

Конструктивні особливості причіпних та напівпричіпних цистерн детально окреслені в роботі [1], проте в напівпричіпних цистернах (опціонально) може встановлюватись змішувач, який представляє з себе ротор. Робота ротора передбачає додатковий збуджуючий ефект на коливання рідини в цистерні. Таким чином, дослідження динаміки та енергетичності колісних тракторів при транспортуванні цистерн – доцільне.

Перш ніж створювати нелінійну математичну модель з урахуванням більшості факторів, які впливають на динамічну та енергетичну складову руху, необхідно розробити лінійну (лінеаризовану) модель, яка буде враховувати усі відомі зв'язки між елементами та формуватися при використанні матричного аналізу. Така модель дозволить, ще на початку конструювання забезпечити первинний підбір транспортного за собу з цистерною.

Колівання рідини в цистерні (замкнутій ємності) може бути описано за допомогою моделювання рівняння Мещерського І.В. [2] та формули Циолковського К.Е. [3], але в роботі [4] за допомогою математичного моделювання поверхневих хвиль Релея, тобто частинних похідних. Принцип поєднання цих математичних моделей зведено в роботі [5], в якій наведено загальну дискретну модель та запропоновано обчислювати коливання рідини за рахунок введення парціальних осциляторів, які мають свій розмір та вагу.

Лінійна (лінеаризована) модель – це модель, яка позбавлена динамічної складової (наприклад, позовжні сили, коефіцієнти зчеплення коліс з дорогою дорівнюють константі), проте враховує взаємозв'язок між ланками механічної системи. Отож, лінійну модель доцільно моделювати для аналізу власних властивостей системи.

Загальне рівняння коливального процесу машинно-тракторного агрегату з напівпричіп-цистерною має наступний вигляд

$$M \cdot \ddot{\mathbf{Y}} + F \cdot \dot{\mathbf{Y}} + C \cdot \mathbf{Y} = \mathbf{0}; \quad (1)$$

де M – це діагональна інерційна матриця, яка складена із мас та моментів інерції; F – матриця демпфірування; C – матриця жорсткості; \mathbf{Y} – вектор-стовпець, який сформовано на основі складових величин коливального процесу.

При вирішенні рівняння (1) матрицею F можна знехтувати адже її вплив на резонансні зони не суттєвий. Тоді рівняння (1) можна привести до наступного вигляду

$$M^{1/2} \frac{d^2}{dt^2} (M^{1/2} \cdot \overset{r}{Y}) + C \cdot M^{-1/2} (M^{1/2} \cdot \overset{r}{Y}) = \overset{r}{0} . \quad (2)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} \overset{r}{Y}^* + C^* \cdot \overset{r}{Y}^* = \overset{r}{0} , \text{ де } C^* = M^{-1/2} \cdot C \cdot M^{-1/2} > 0 , \overset{r}{Y}^* = M^{1/2} \cdot \overset{r}{Y} .$$

На основі вище зазначеного власні кутові частоти ω :

$$\det(\omega^2 I - C^*) = 0 .$$

Результатом математичного моделювання лінійної моделі руху трактора з вільною поверхнею рідини в причіпній та напівпричіпній цистернах (з ротором або без нього) буде розподіл резонансних частот, яким відповідатиме певна форма власних коливань.

Коефіцієнти кожної (k – тої) власної форми нормовано у відповідності до правила

$$\overset{r}{Y}_j^* = M^{1/2}_{j,j} \cdot \overset{r}{Y}_j , j = 0, 1, \dots, 18 .$$

Слід зазначити, що для напівпричіпної цистерни з гідравлічним змішувачем індекс j змінюється до 19 (за рахунок вираховування поздовжнього руху валу ротора гідравлічного змішувача), а для причіпної та напівпричіпної цистерни змінюється до 18. Якщо тепер утворити суми

$$T_k = 0.5 \cdot A_k^2 \cdot \omega_k^2 \cdot \sum_{j=0}^{18} (\overset{r}{Y}_j^*)^2 ,$$

де $A_k, \omega_k = 2\pi \cdot \nu_k$ – амплітуда та кругова частота коливань, тоді ці суми відповідатимуть кінетичній енергії коливання. Тому сума квадратів координат $\overset{r}{Y}_j^*$ дорівнює 1.

Отже, в матеріалах даної конференції представлено основні принципи побудови лінійної (лінеаризованої) математичної моделі коливань колісного трактора та причіпної або напівпричіпної (зі змішувачем чи без нього) цистерн з будь-яким рівнем рідини. Дана модель дозволяє проводити аналіз власних (резонансних) частот шляхом дослідження форм рухів складових частин коливальної системи, амплітуди яких нормовані за їх вкладом до загальної кінетичної енергії коливань. Моделювання такої моделі дозволить, ще на початку конструювання забезпечити первинний підбір транспортного засобу з цистерною.

Література

1 Кожушко А.П. Аналіз конструктивних особливостей причіпних та напівпричіпних цистерн у складі машинно-тракторного агрегату // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ

«ХП». – 2019. – № 5 (1330). – С. 34 – 40. – doi:10.20998/2413-4295.2019.05.05.

2 Мещерский И.В. Работы по механике тел переменной массы. – Москва: Изд. Техничко-теоретической литературы, 1949. – 275 с.

3 Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. – «Научное обозрение», 1903. – № 5. – С. 45 – 75.

4 Кожушко А.П., Григор'єв О.Л. Математичне моделювання низько-частотних коливань в'язкої рідини в горизонтальній ємності з вільною поверхнею // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП», 2018. – № 3 (1279). – С. 41 – 51.

5 Кожушко А.П., Григор'єв О.Л. Моделювання пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП». – 2018. – № 27 (1303). – С. 34 – 61.

УДК 519.85

ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІДПРИЄМСТВА

Л.М. Колечкіна, Ю.О. Литвиненко

Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава

Вивчення різноманітних, складних та взаємозалежних явищ і процесів, пов'язаних з діяльністю підприємств, передбачає їх оцінку за допомогою комплексу показників. Це дає змогу отримати цілісну характеристику сукупності підприємств, зокрема оцінити їх структуру та структурні зрушення за основними показниками діяльності, виявити закономірності взаємозв'язку та динаміки розвитку [1]. Розглядаючи сукупність підприємств як складну динамічну систему, використовують комплекс взаємопов'язаних показників, які характеризують їх статику - теперішній стан і структуру на макrorівні, а також оцінюють динаміку та перспективи розвитку [2].

При вивченні причинно-наслідкових зв'язків показники поділяють на результатні та факторні. Це групування не є постійним, воно залежить від конкретних ситуацій, мети аналізу. Наприклад, при оцінці змін прибутку від реалізації продукції показник собівартості продукції розглядають як факторний. Водночас при вивченні затрат на виробництво собівартість розглядають як результатний показник, що залежить від ба-